

THEORIE UBER DIE GEOLOGISCHE PERIODIZITAT DER PLITVICER SEEN

Dipl. Ing. Chem. Alexander Brnek-Kostić

Leiter der Forschungsstation Plitvička Jezera

Die ungewöhnliche Gestaltung der Plitvicer Seenlandschaft wirkte seit jeher phantasieanregend, so dass poetische Sagen über ihr wundervolles Entstehen noch heute im Volke leben. Aber auch das in seinen Ursprüngen über hundert Jahre zurückreichende wissenschaftliche Schrifttum enthält Deutungen der Genese (so besonders A. Gavazzi 1904). Die Tatsache, dass ich selbst vor einigen Jahren eine weitere Theorie zur geologischen Geschichte der Seen hinzufügte, wäre kein Grund, hier darüber zu sprechen, wenn nicht die Radiokohlenstoff-Datierung diese Idee in der Zwischenzeit vom Bereich der Phantasie in den Bereich der Wirklichkeit gehoben hätte.

Meine Vorstellung war, dass die Plitvicer Seen im Verlauf von geologischen Zeiten ein intermittierendes Dasein aufweisen, indem sie in warmen Perioden erscheinen und in kalten verschwinden. Ich sah die Möglichkeit, diese Hypothese mittels der Radiokohlenstoff-Methode zu überprüfen weshalb ich mich an das C-14-Labor des Institutes Rudjer Bošković in Zagreb wandte. Die Messungen wurden 1975 durchgeführt (Srdoč u. Sliječević). Die Richtigkeit meiner Annahme (Kostić-Brnek u. Brnek-Kostić 1974) wurde durch diese bestätigt.

Ich bin mir der Schwierigkeiten bewusst, die C-14-Werte als Jahre zu deuten, habe aber die Aussage dieser geistreichen, vielversprechenden jungen Methode nur insofern für eine Schlussfolgerung herangezogen, als sie unbedenklich ist, nämlich, inaktiven Travertin als mindestens 40 000 Jahre alt anzusehen.

Die C-14-Methode habe ich als einen kategorischen "JA-NEIN-Test" verwendet, d.h. "STRAHLT-STRAHLT NICHT", mit der Einschränkung, dass nur der Fall "STRAHLT NICHT" eine entscheidende Schlussfolgerung zulässt. Die Deutung des Ergebnisses ist in diesem Falle absolut zuverlässig. Gemäss meiner Erwartung fiel der Test negativ aus. Somit war eine eindeutige Antwort gegeben. Im entgegengesetzten Falle wäre die Frage unentschieden geblieben.

Da bezüglich des Travertins als C-14 führenden Stoffes keine ausreichende Erfahrungen vorliegen, habe ich gleichzeitig mit dem fossilen Travertin, dessen voreiszeitlichen Ursprung ich beweisen wollte, auch Proben von rezemem Travertin untersuchen lassen. Dazu wählte ich zwei Lokalitäten aus, deren Proben sich als Alters-Zwischenstufen in die zu untersuchende Probenserie einschalten liessen. Die Messungen brachten folgende Ergebnisse:

Tabelle 1.

(Auszug aus den Angaben von Srdoč u. Sliepčević 1975)

| | | Impulse pro Minute | OX-Standard | Background |
|---|----|-----------------------|-------------|------------|
| 1. Cratoneuron-Travertin von der "alten" Barriere | | 5,622 ± 0,06 | 27,42 | 5,66 |
| 2. Sinter-Zapfen an der "alten" Barriere | I | 5,44 ± 0,05 | 27,42 | 5,77 |
| | II | 5,46 ± 0,05 | 27,42 | 5,77 |
| 3. Travertin im Einschnitte in einen trocken Barriere- Teil | I | 17,96 ± 0,10 | 27,42 | 5,66 |
| | II | 18,056 ± 0,11 | 27,42 | 5,66 |
| 4. Travertin-Bart, z.Z. tro- cken, am Hang einer Bar- riere mit Wasserfall daneben | I | 20,92 ± 0,09 | 27,3 | 5,73 |
| | II | 21,15 ± 0,1 | 27,42 | 5,66 |
| 5. "Lebender" Travertin- Bart im Wasserfall | I | 23,64 ± 0,13 | 27,42 | 5,77 |
| | II | 23,96 ± 0,15 | 27,42 | 5,77 |

Neben dem Haupterfolg dieser Untersuchungen

(1) der "alte" Travertin STRAHLT NICHT

gestatten die Analysen noch einige wichtige Feststellungen:

(2) "Lebender" Travertin weist etwa 88% der OX-Standard-Impulszahl auf

(3) offenbare Zwischenstufen zeigen Zwischenstellungen der Impulszahlen

(4) Altersunterschiede spiegeln sich genügend selektiv wider.

Demnach ist Travertin ein für die Radiokohlenstoff-Datierung grundsätzlich geeigneter Stoff. Bedeutsam ist die Tatsache, dass trotz der grossen Kontaktfläche des porösen Travertins kein Isotopenaustausch im Verlaufe geologischer Zeitspannen stattgefunden hat:

Bleiben wir aber bei dem Hauptziel der Untersuchung, dem JA-NEIN-Test. Seine Bewieskraft werden selbst die grössten Zweifler anerkennen. Es ist ein Beispiel erfolgreicher Anwendung der Radiokarbon-Methode, wo dem C-14 Atom die Rolle eines "Kronzeugen" in der Aufhellung der geologischen Geschichte einer Gegend zugekommen ist, allerdings durch seine Abwesenheit.

Um die Zusammenhänge im ganzen verständlich zu machen, seien nun die limnologischen, insbesondere die limnochemischen Bedingungen von Plitvice in aller Kürze geschildert.

Ein Nationalpark des Wassers

Das Gebiet der Plitvicer Seen wurde wegen seiner Gewässer, namentlich der Seen, zum Nationalpark erklärt. Obwohl dies erst vor 30 Jahren erfolgte, wurde das Gebiet schon vor nahezu 100 Jahren als eine ausserordentliche Naturerscheinung erkannt und seit langem als ein für einen Nationalpark prädestiniertes Gebiet geschont.

Das Gebiet ist ein selbständiger, orographisch und hydrologisch abgegrenzter Komplex von etwa 350 qkm, inmitten von verkarstem

Kalkstein und Dolomit. Wie ein Zauber erscheinen in dieser Landschaft die offenen Gewässer mit türkisblauen Seen und unzähligen brausenden Wasserfällen im dichten Laub- und Nadelwald. Die Seen werden von malerischen Bergbächen gespeist, die aus imposanten Vaucluse-Quellen entspringen. Die Ufer der Seen wechseln von sanften laubbewachsenen Hängen im Dolomit zu schroffen Schluchten im Kalkstein. Bizarre Kalktuff-Barrieren trennen die Seen voneinander. Treppenweise folgen untereinander 16 benannte Seen und mehr als 30 kleine unbenannte Becken, von denen die Wasser über moosbedeckte Kaskaden und hohe Wasserfälle hinabstürzen.

Obwohl die Gesamtausdehnung aller Oberflächengewässer nur knapp 1% des Parkterritoriums ausmacht, ist das Wasser der wesentliche Bestandteil. Wir nennen den Plitvicer Nationalpark zurecht einen "Park des Wassers". Das Wasser war und bleibt das Element der Anziehungskraft dieses weltbekannten Parks, des ältesten und meistgelobten in unserem Lande.

Das "Phänomen Plitvice"

All dies, was man das "Phänomen Plitvice" zu nennen pflegt, hat einen Ursprung im Wasser mit seinem physikalisch-chemisch-biologischen Inhalt und seinen Eigenschaften. Es stellt ein zusammenhängendes geographisches Phänomen dar, in dem, an einem Fließgewässer als Grundlage, vier Kategorien von geographischen Objekten beteiligt sind:

Seen,
Wasserfälle,
Dämme,
Grotten.

Alle diese sind ganz eigenartiger Natur und Gestaltung. Sie sind durch einen gemeinsamen Entstehungsprozess verbunden. Ein kausaler Zusammenhang zwischen den vier Elementen verschmelzt sie zu einer funktionalen Einheit.

Die Dämme stellen die zentrale Erscheinung dar, da sie die anderen drei Komponenten notwendigerweise zustande kommen lassen.

Das Hauptmerkmal des Phänomens ist eine grossartige Dynamik von Wachstum und Umgestaltung aller Objekte. Pevalek (1925/26, 1935 und 1938) hat erkannt, dass die wirkende Kraft in der biotischen Sphäre liegt und dafür den Begriff "Biodynamik" geprägt. Mit dieser Erkenntnis war der Schlüssel zum wahren Verständnis von Plitvice gefunden.

Entstehungsweise und Gestaltung des Plitvicer Komplexes

Über die Herkunft der Seen ist man sich heute einig:

In einem tektonisch vorgebildeten und von Fließgewässern und Niederschlägen weitermodellierten Flusstal haben nachfolgende obstruktive Vorgänge zur Bildung der Seen geführt.

Die typische dendritische Form der Seeflächen lässt auf den ersten Blick erkennen, dass es sich hier um gestaute Täler handelt. Dafür spricht überzeugend auch das Bild des Längsprofils, mit der für Talsperren charakteristischen Dreieckform der See-Tiefen-Längsschnitte (siehe Abb. 1). Der Stau wird durch naturgeschaffene Travertin-Barrieren hervorgerufen, die sich quer über das Flussbett erstrecken und mehrfach das Tal sperren. Das einst offene Flusstal ist in ein verwickeltes Gefüge von kleineren und grösseren Barragen umgewandelt. Die Seen sind eine Folge der Barrieren.

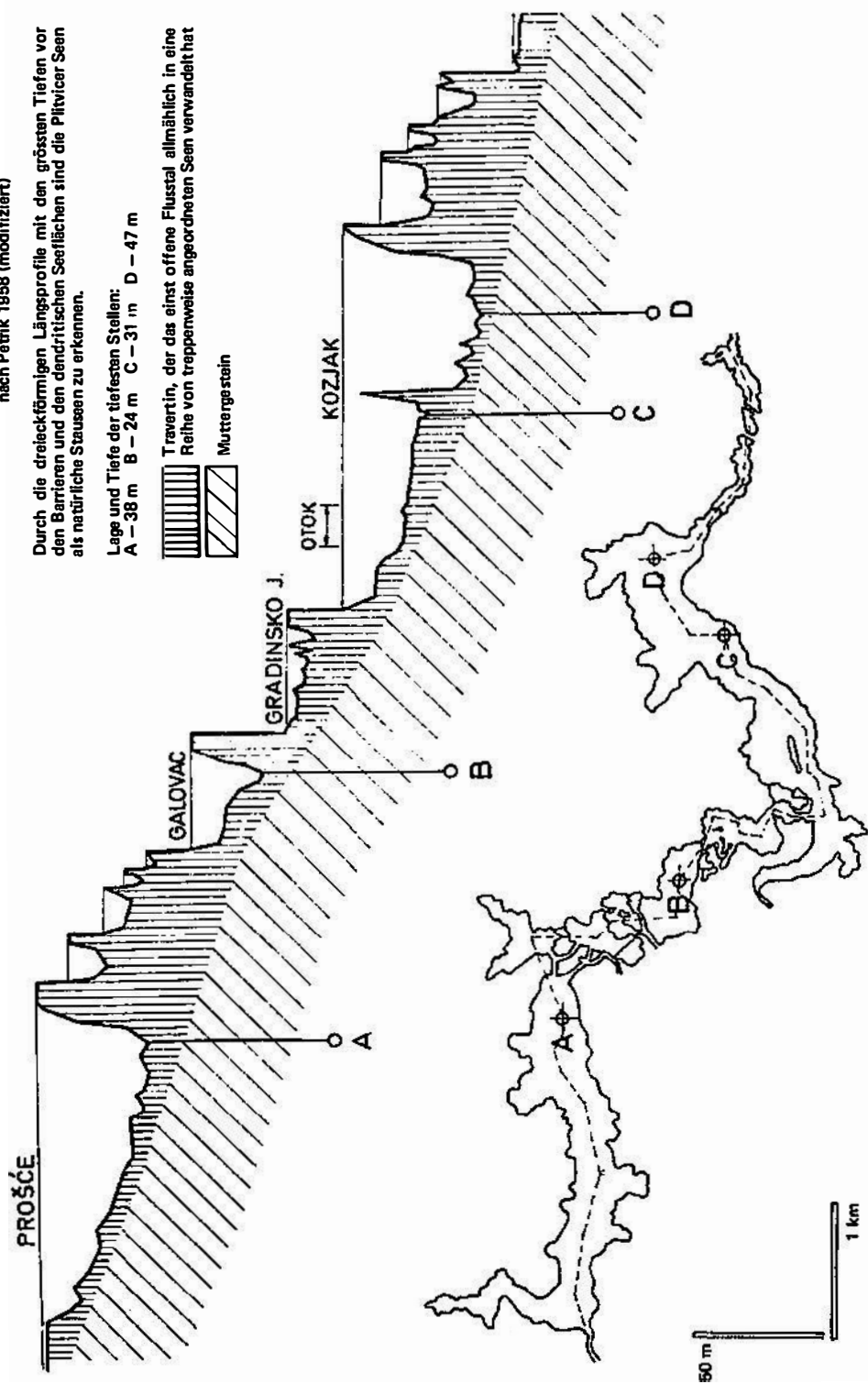
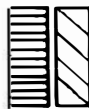
Die Seebecken von Plitvice sind nur durch die Kalktuffbarrieren entstanden. Dolinen, denen der Ursprung der Seebecken zugeschrieben werden könnte, sind im Flussbett nicht nachweisbar.

Die Seen sind von den Wässern der Zuflüsse ständig durchströmt. Der Überlauf fliesst von Becken zu Becken in zahlreichen Kaskaden und Wasserfällen. Und eben die verleihen den Plitvicer Seen ihr bekanntes, unverwechselbares Gepräge. Die Wasserfälle sind ebenfalls eine Folge der Barrieren.

Abb. 1
DER PLITVICER SEEKOMPLEX
 Längsschnitt und Umriss
 nach Petrik 1958 (modifiziert)

Durch die dreieckförmigen Längsprofile mit den größten Tiefen vor den Barrieren und den dendritischen Seeflächen sind die Plitvicer Seen als natürliche Stauseen zu erkennen.

Lage und Tiefe der tiefsten Stellen:
 A – 38 m B – 24 m C – 31 m D – 47 m



Eine weitere sind die bereits erwähnten Grotten. Sie gehören genetisch zur Formation der Barrieren, sind keinesfalls zufällige, vom Phänomen unabhängige Gebilde, sondern gesetzmässig auftretende, reguläre Elemente der Tuffbarrieren. Es sind keine Grotten im üblichen Sinne, also nicht aus dem Gestein ausgehöhlt, sondern bei dem Aufbau der Barriere frei gebliebene Räume von ganz bestimmter Anordnung und Form. Diese Naturseltenheiten besitzen wissenschaftlichen Wert und grosse Anziehungskraft.

Wasserbeschaffenheit und Kalktuffbildung

Der Baustoff der Travertinbarrieren ist Kalziumkarbonat, das sich aus dem Wasser ausscheidet. Karstwasser enthält immer auch eine Menge Magnesiumkarbonat, was aber nicht ausgefällt wird.

Die Gewässer in Kalkgebieten führen grundsätzlich kein sehr hartes Wasser. So auch die hiesigen (Iveković 1958). Die Gesamthärte der Plitvicer Gewässer bewegt sich

| | |
|--------------------|---|
| in Quellen | 280–250 mg CaCO ₃ /l (max. 300 mg nur in einzelnen Quellen) |
| in Seen | um 220–200 mg/l |
| in der Korana etwa | 190 mg/l |

Es sind Werte aus den Sommermonaten, in denen der Entkalkungsprozess vor sich geht. Die Härte verringert sich flussabwärts beträchtlich.

Theoretisch wird Kalk bei weniger als 14°C Wassertemperatur nicht abgesondert. Das stimmt mit den Plitvicer Feldbeobachtungen vollkommen überein. Mit Ausnahme weniger Stellen in den Bächen, an denen die genannte Grenztemperatur zeitweise erreicht wird, ist die Travertinbildung auf die Seen und ihren Abfluss Korana beschränkt.

Das oben Gesagte bezieht sich nur auf die rezente Tuffbildung. Die Betten fast aller Zuflüsse weisen starke Travertinablagerungen auf. Auch sind bis zu den Quellen hinauf Barrieren darin zu erkennen, die wohl aus Zeiten mit wärmerem Klima stammen müssen, zu denen die Kalkausfällung überall in den Bächen möglich war.

Eine weitere Bedingung ausser der Temperatur ist für die Kalkausscheidung nötig. Besser gesagt, sie ist die erste: Ein Mindestgehalt an gelöstem Kalk. Ich habe sie nicht erwähnt, weil diese in Karstgewässern immer erfüllt ist. Doch seien der Kalkgehalt so gross wie er mag und die Temperatur noch so hoch, wird es zur Kalkausscheidung nicht kommen, solange im Wasser "zugehörige" freie Kohlensäure anwesend ist, die das Kalziumbikarbonat in Lösung hält, die Gleichgewichts-Kohlensäure. Sie kann dem Wasser abiogen und biogen entzogen werden. In den Plitvicer Gewässern geschieht beides, aber der biogene Weg ist der weit bedeutendere.

Kalkausscheidung und Kalkabsetzung

Kalkausscheidung findet statt in den trophogenen Schichten der Seen, sowohl im Bereich des offenen Wassers als auch in der ufernahen Zone. Im epilimnischen Wasser wird alles, was sich darin befindet - Lebendes und Totes, seeigene oder fremde Gegenstände - mit Travertin inkrustiert. Gleichgültig, ob organisch oder anorganisch - Blatt, Ast, Holz, Stein, Ziegel, Glas, Blech, Gummi und alles andere - an allem haftet der charakteristische Überzug. Stärker als alle anderen Tiere und Pflanzen werden die Gallerthüllen der Blaualgen inkrustiert. Sie sind besonders geeignet, die Kalkpartikelchen aufzuhalten und zu umschlingen.

Es sind drei Hauptlokalitäten an denen sich Kalk ablagert:

Der Seegrund,

die Ufer,

die Barrieren.

An jeder dieser Regionen werden verschiedenartige Ablagerungen gebildet, die alle als Travertine bezeichnet werden - pelagische, litorale und die der Barrieren.

Im Pelagial sinkt der Kalk zu Boden und bildet, vermengt mit den anderen Bestandteilen des pelagischen Schlammes, einen losen, seekreideartigen Absatz. Litorale Traverin-Ablagerungen sind sehr mannigfaltig und zumeist durch ziemlich feste Inkrustationen gekennzeichnet. Sehr charakteristischer litoraler Travertin bildet sich in und an verschiedenen Algenbeständen, die das Ufergestein und Gehölz überwuchern. An den Barrieren versteinert der Kalkniederschlag mit der Zeit. Dieses ist der Travertin im engeren Sinne, ein lithologisches Produkt von wirtschaftlichem Nutzen und geologischer Bedeutung. Im Nationalpark ist der Abbau des autochthonen Travertins verboten.

Barrieren sind Orte sehr grosser Travertin-Anhäufung, weil an ihnen riesige Mengen epilimnischen Wassers hinabfliessen. Hier bietet dichter Bewuchs strömungsliebender Moosarten eine ideale Unterlage für die Kalkabsetzung. Die Moosbestände nehmen je nach Art die verschiedenen Okotope an den Barrieren selektiv ein. Der an ihnen entstehende Travertin zeigt jeweils die Formen der ihm als Substrat dienenden Moosart. Solche sind die Travertine des Bryum-Typs an horizontalen Stellen und des Cratoneuron-Typs an den Hängen. Beide haben an dem Aufbau der Barriere ihren spezifischen Anteil.

Biodynamik des Systems

"Die Plitvicer Seen stellen wegen des Wachstums der Barrieren ein biodynamisches System dar, in dem travertinbildende Pflanzen eine wichtige Rolle spielen."

So lautet Pevalek's berühmter Satz (1938). Er hat ebenso die grundlegende Bedeutung des Travertins für die Plitvicer Morphogenese erkannt wie die Rolle der biotischen Faktoren in diesem Geschehen.

Travertin ist ein Biolith, dessen Entstehung, Wachstum und Gestaltung durch Pflanzen, überwiegend Moose, bestimmt wird

a) durch den Habitus der Moose

- die Textur des Travertin-Materials;

b) durch die ökologische Einstellung der Arten

- die räumliche Anordnung und Architektur der Kalkablagerung;

- c) mit dem Wachstum der Moose und der Dynamik ihrer Vegetation
– das Wachstum und die Entfaltung der Travertin-
Barriere als ganzer.

Barrieren wachsen in 2 Richtungen, in die Höhe und flussabwärts.

Ersteres bedingt Bryum-Travertin mit einem jährlichen Zuwachs von mindestens 1 cm an den oberen Flächen der Barrieren. Dadurch wird das Niveau des Seespiegels erhöht.

Letzteres kommt durch Cratoneuron-Travertin zustande, der in parabol-förmigen Arkaden vom Saume der Barrieren zum nächsten See hinab wächst. Dadurch werden die eigentümlichen "Travertin-Grotten" gebildet.

Die Morphogenese der Plitvicer Seen, Wachstum, Gestaltung und Umgestaltung, verläuft überraschend schnell. Schon die 30 Jahre des Nationalparks genügten, um uns zu Augenzeugen der Dynamik des Systems zu machen. Der Stau ist in diesem Zeitraum um mehr als 1/2 Meter gestiegen mit allen Konsequenzen. Morphometrische Parameter haben in Plitvice, fast wörtlich genommen, nur momentane Gültigkeit. Tiefe, Grösse, Form und selbst Zahl der Seen und ihre Anordnung sind in ständigem Wandel. Eine solche Dynamik kann dem Stein nur das Leben geben!

Periodizitäten in der Tuffbildung

An der Bildung von Travertin nehmen eine Fülle temperaturabhängiger Vorgänge und Erscheinungen teil. In dem Biorhythmus der Travertinablagerung spiegeln sich alle Zeitkreise der Temperaturschwankung im Gelände wider: Tägliche, jährliche und langjährige (d.h. die Klimaschwankungen im geologischen Masstab).

Die diurnale Periodizität kommt zum Ausdruck in den kalten Fliessgewässern, wo nur starke Besonnung während eines Teiles des Tages die Travertinbildung ermöglicht.

Saisonale Periodizität ist für die Seebarrieren massgebend, da diese nur während der warmen Monate des Jahres wachsen, dann jedoch kontinuierlich.

Säkulare Periodizität ist durch den Wechsel von wärmeren und kälteren erdgeschichtlichen Perioden bedingt. In warmen Zeitabschnitten,

wie es die Atlantische und Subboreale Periode waren, konnte die Travertinbildung üppig vor sich gehen. Barrieren und Seen konnten auch in den Zuflüssen gebildet werden, wofür heute keine Bedingungen bestehen. Dagegen war in den glazialen Zeiten Tuffbildung nirgends im Gebiet möglich.

Alter des Travertins der Plitvicer Barrieren und der Seen

Bis vor kurzem herrschte die Meinung vor, dass alle Travertinbildungen an den Plitvicer Seen postglazialer Herkunft seien. Das Alter der Seen wurde auch als solches eingeschätzt (Roglić 1958). Mittels der Radiokarbon Methode konnte ich aber eindeutig beweisen, dass im Plitvicer Seengebiet auch älterer Travertin vorkommt. Im Bereich der Zuflüsse, in denen heute keine bedeutendere Kalktuffbildung vor sich geht, ragen hoch über den jetzigen Wasserspiegel der Bäche grosse Barrierenreste mit (Abb. 2) Cratoneuron-Travertin hervor. Meine Vermutung, dass diese aus vorglazialen Zeiten stammen, wurde 1975 durch die schon erwähnte Kohlenstoff-14-Datierung (Srdoč u. Šliepčević) bestätigt. Es hat sich erwiesen, dass der Tuff jener Barrieren keine C-14-Aktivität mehr aufzeigt, also älter als 40 000 Jahre ist. Wie alt diese Barrieren tatsächlich sind, kann nach der genannten Methode selbstverständlich nicht festgestellt werden. Es ist aber damit ausgeschlossen, dass sie erst im Postdiluvium gebildet wurden. Dessenungeachtet kann die Ansicht aufrechterhalten bleiben, dass die Seen junge, postdiluviale Gebilde sind. Zu diesem Schluss führt auch die Analyse der heutigen Wasserlebewelt der Plitvicer Seen (Kostić-Brnek u. Brnek-Kostić 1974).

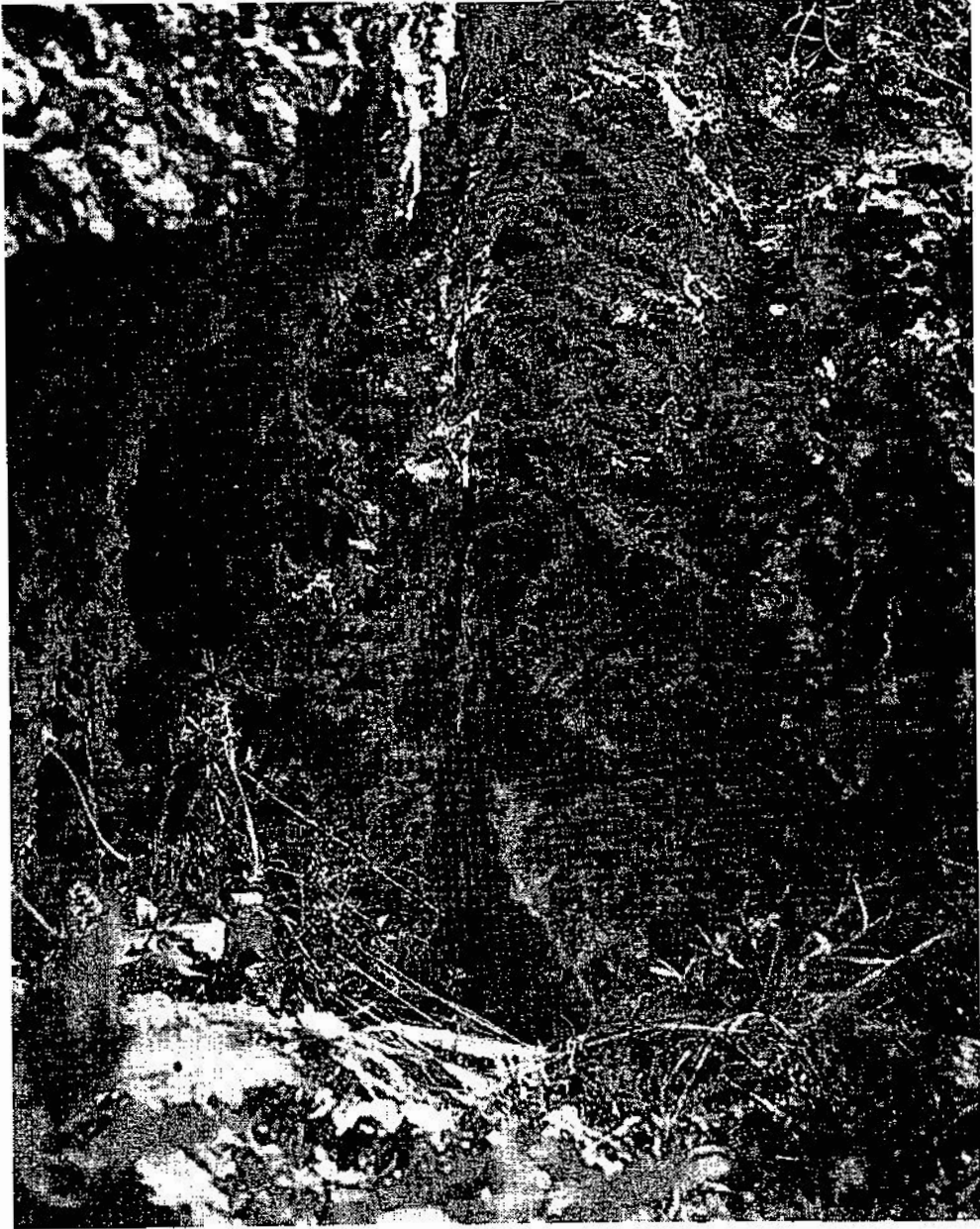


Abb. 2 Die versteinerten Cratoneuron-Rasen sind im voreiszeitlichen Travertin deutlich erkennbar.

Geologische Periodizität der Plitvicer Seen

Das hohe Alter einiger Barrieren schliesst keineswegs aus, dass die jetzigen Seen jüngeren Datums sind, denn Seen müssen nicht zum ersten Male nach der letzten Eiszeit in diesem Flusstal entstanden sein. Eine geologische Periodizität der Plitvicer Seen beseitigt zwanglos den scheinbaren Widerspruch.

Die alten Barrieren, von denen grosse Teile an vielen Stellen gut erhalten sind, stauten in vorhergehenden Interglazialzeiten Seen auf die gemessen an den heutigen einen viel höheren Wasserstand hatten und mit denen die jetzigen Seen keine zeitliche Kontinuität verbindet. Während der kalten und niederschlagsreichen Perioden des Diluviums, die hier ohne Gletscherbildung abliefen, stand die Tuffbildung still. Die Barrieren wurden durch Erosion und Korrosion durchbrochen, wodurch das Flusstal **vielleicht auch** gänzlich ohne Stauseen gewesen sein konnte. Mit nachfolgender Klimaverbesserung setzte wieder Kalkablagerung ein und damit die Bildung neuer Seen. Die heutigen Barrieren haben noch nicht überall die Höhe ihrer Vorgänger erreicht. Aber sie wachsen rasch, und falls das günstige Klima andauert, können sie dieselben und noch grössere Höhen erreichen.

Zukunft der Seen

Die Plitvicer Seen entwickeln sich fortlaufend vor unseren Augen. Die Kalkabsetzung ergibt an den Kämmen der Barrieren einen Höhenzuwachs, der die Sedimentation am Seeboden 10- bis 30- fach übertrifft. Demnach werden die Plitvicer Seen sicherlich nicht das Schicksal so vieler anderer Seen teilen, die verlandet. Im Gegenteil, je älter sie werden desto grösser ihre Wassertiefe.

Die heutige Maximaltiefe reicht bis 47 Meter im Kozjak-See mit einem Volumen von $14 \frac{1}{2}$ Mio m³. Die hohen Flanken des Flusstals bieten fortwährenden Niveaustieg aller Seen praktisch unbegrenzte Möglichkeiten.

Eher könnte wiederum der nächste klimabedingte Halt einsetzen, wie dies in der Vergangenheit wiederholt geschah. Die Zukunft des Plitvicer Seesystems hängt nur vom biodynamischen Prozess der Kalktuffbildung ab.

Typologische Klassifikation der Plitvicer Seen

Die Plitvicer Seen werden von der eigenen Wasserlebewelt gebildet. Dieser Entstehungsprozess ist kein Ausnahmephänomen, kein "Wunder der Natur", sondern eine in Kalkgebieten normale Erscheinung. Die Plitvicer Seen sind Repräsentanten eines Seetyps, der einerseits ein streng regionales Vorkommen aufweist, da er an Kalkgewässer gebunden ist, andererseits aber als Karsterscheinung über die ganze Erde verbreitet ist. Ich habe diesen Typ Travertinstauseen genannt (1969). Seen derartiger Herkunft sieht Hutchinson (1957) in seiner allumfassenden Klassifikation nicht vor. Es ist im Sinne der Prinzipien nach denen er die Klassifikation durchführt, voll berechtigt, solche Seen in das System als eigenen Typ aufzunehmen. Die Hutchinson'sche Klassifikation erfuhr seit ihrem Erscheinen schon manche Vervollständigung. Der Fall Plitvice ist nur noch ein Beweis dafür, wie mannigfach die Ursachen sind, die auf unserem Planeten zur Bildung von Seen führen. Eine Systematisierung ist wohl angebracht!

Die Plitvicer Seen sind eine Art Stauseen. In Bezug auf ihre Herkunft sind sie am meisten mit den Stauseen verwandt, die durch Biber-Dämme entstehen und solchen, die von Menschen errichtet werden. Diese beiden haben bekanntlich ihren Platz in einer der elf Seekategorien Hutchinsons. Er nennt sie "Seen, erzeugt durch das komplexe Verhalten von höheren Organismen". Dementsprechend habe ich eine zwölfte Kategorie, zu der unsere Travertinstauseen gehören mögen, als "Seen, entstanden durch die Lebenstätigkeit niederer Organismen" bezeichnet (1974).

Eine neuartige Primäreinteilung der Seen der Erde

Hutchinson legt seiner Klassifikation die Herkunft des Seebeckens zugrunde. Man kann sie als eine "genetische Klassifikation" bezeichnen. Seen sind nach Ursachen ihrer Bildung gruppiert, d.h. nach den Kräften, die dafür verantwortlich sind, dass ein bestimmter Ort zu einem See werden konnte. Solche Kräfte sind, unter anderem Tektonik, Vulkanismus, Wind und auch menschliche Tätigkeit. Alles was sich an der Erdoberfläche bewegt, kann durch seine Dynamik Seen erzeugen - und erzeugt sie auch! In Hutchinson's Zusammenstellung sind alle Beispiele enthalten. Er zieht jedoch nicht den letzten Schluss, die Verallgemeinerung.

Ich habe (1979) alle Seen in 5 Klassen zusammengefasst und benenne

die durch Bewegung von Erdkörpern entstanden
- geodynamische Seen

die durch Bewegung von Wasserkörpern entstanden
- hydrodynamische Seen,

die durch Bewegung von Luftkörpern entstanden
- aerodynamische Seen,

die durch Lebewesen entstanden
- biodynamische Seen

und die durch Bewegung von kosmischen Körpern entstanden
- kosmodynamische Seen.

So kann dieses System als ein "dynamisches Seetypensystem" bezeichnet werden. (Tabelle 2.)

Tabella 2.

LIMNOTYPOLOGIE UND DIE PLITVICER SEEN

Ein Beitrag zu HUTCHINSON'S Klassifikation der Seen der Erde

Eingliederung der Plitvicer Seen in das HUTCHINSON'sche System

| I | II | III | IV | | V | VI | | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| TRADITIONAL MARINE | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS | LAKES OF THE MOUNTAINS |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 10 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 2 | 11 | 20b | 21a | 22a | 23a | 24a | 25a | 26a | 27a | 28a | 29a | 30a | 31a |
| 3 | 12 | 21 | 22b | 23b | 24b | 25b | 26b | 27b | 28b | 29b | 30b | 31b | 32 |
| 4 | 13 | 21b | 22c | 23c | 24c | 25c | 26c | 27c | 28c | 29c | 30c | 31c | 33 |
| 5 | 14 | 22 | 23d | 24d | 25d | 26d | 27d | 28d | 29d | 30d | 31d | 32 | 34 |
| 6 | 15 | | 24e | 25e | 26e | 27e | 28e | 29e | 30e | 31e | 32 | 35 | 35a |
| 7 | 16 | | 24f | 25f | 26f | 27f | 28f | 29f | 30f | 31f | 32 | 36 | 35b |
| 8 | 17 | | 24g | 25g | 26g | 27g | 28g | 29g | 30g | 31g | 32 | 37 | 36a |
| 9 | 18 | | 24h | 25h | 26h | 27h | 28h | 29h | 30h | 31h | 32 | 38 | 36b |
| | | | 24i | 25i | 26i | 27i | 28i | 29i | 30i | 31i | 32 | 39 | 37a |
| | | | 24j | 25j | 26j | 27j | 28j | 29j | 30j | 31j | 32 | 40 | 37b |
| | | | 24k | 25k | 26k | 27k | 28k | 29k | 30k | 31k | 32 | 41 | 38a |
| | | | 24l | 25l | 26l | 27l | 28l | 29l | 30l | 31l | 32 | 42 | 38b |
| | | | 24m | 25m | 26m | 27m | 28m | 29m | 30m | 31m | 32 | 43 | 39a |
| | | | 24n | 25n | 26n | 27n | 28n | 29n | 30n | 31n | 32 | 44 | 39b |
| | | | 24o | 25o | 26o | 27o | 28o | 29o | 30o | 31o | 32 | 45 | 40a |
| | | | 24p | 25p | 26p | 27p | 28p | 29p | 30p | 31p | 32 | 46 | 40b |
| | | | 24q | 25q | 26q | 27q | 28q | 29q | 30q | 31q | 32 | 47 | 41a |
| | | | 24r | 25r | 26r | 27r | 28r | 29r | 30r | 31r | 32 | 48 | 41b |
| | | | 24s | 25s | 26s | 27s | 28s | 29s | 30s | 31s | 32 | 49 | 42a |
| | | | 24t | 25t | 26t | 27t | 28t | 29t | 30t | 31t | 32 | 50 | 42b |
| | | | 24u | 25u | 26u | 27u | 28u | 29u | 30u | 31u | 32 | 51 | 43a |
| | | | 24v | 25v | 26v | 27v | 28v | 29v | 30v | 31v | 32 | 52 | 43b |
| | | | 24w | 25w | 26w | 27w | 28w | 29w | 30w | 31w | 32 | 53 | 44a |
| | | | 24x | 25x | 26x | 27x | 28x | 29x | 30x | 31x | 32 | 54 | 44b |
| | | | 24y | 25y | 26y | 27y | 28y | 29y | 30y | 31y | 32 | 55 | 45a |
| | | | 24z | 25z | 26z | 27z | 28z | 29z | 30z | 31z | 32 | 56 | 45b |
| | | | 25a | 26a | 27a | 28a | 29a | 30a | 31a | 32 | 57 | 57a | 46 |
| | | | 25b | 26b | 27b | 28b | 29b | 30b | 31b | 32 | 58 | 57b | 47 |
| | | | 25c | 26c | 27c | 28c | 29c | 30c | 31c | 32 | 59 | 58a | 48 |
| | | | 25d | 26d | 27d | 28d | 29d | 30d | 31d | 32 | 60 | 58b | 49 |
| | | | 25e | 26e | 27e | 28e | 29e | 30e | 31e | 32 | 61 | 59 | 50 |
| | | | 25f | 26f | 27f | 28f | 29f | 30f | 31f | 32 | 62 | 60 | 51 |
| | | | 25g | 26g | 27g | 28g | 29g | 30g | 31g | 32 | 63 | 61 | 52 |
| | | | 25h | 26h | 27h | 28h | 29h | 30h | 31h | 32 | 64 | 62 | 53 |
| | | | 25i | 26i | 27i | 28i | 29i | 30i | 31i | 32 | 65 | 63 | 54 |
| | | | 25j | 26j | 27j | 28j | 29j | 30j | 31j | 32 | 66 | 64 | 55 |
| | | | 25k | 26k | 27k | 28k | 29k | 30k | 31k | 32 | 67 | 65 | 56 |
| | | | 25l | 26l | 27l | 28l | 29l | 30l | 31l | 32 | 68 | 66 | 57 |
| | | | 25m | 26m | 27m | 28m | 29m | 30m | 31m | 32 | 69 | 67 | 58 |
| | | | 25n | 26n | 27n | 28n | 29n | 30n | 31n | 32 | 70 | 68 | 59 |
| | | | 25o | 26o | 27o | 28o | 29o | 30o | 31o | 32 | 71 | 69 | 60 |
| | | | 25p | 26p | 27p | 28p | 29p | 30p | 31p | 32 | 72 | 70 | 61 |
| | | | 25q | 26q | 27q | 28q | 29q | 30q | 31q | 32 | 73 | 71 | 62 |
| | | | 25r | 26r | 27r | 28r | 29r | 30r | 31r | 32 | 74 | 72 | 63 |
| | | | 25s | 26s | 27s | 28s | 29s | 30s | 31s | 32 | 75 | 73 | 64 |
| | | | 25t | 26t | 27t | 28t | 29t | 30t | 31t | 32 | 76 | 74 | 65 |
| | | | 25u | 26u | 27u | 28u | 29u | 30u | 31u | 32 | 77 | 75 | 66 |
| | | | 25v | 26v | 27v | 28v | 29v | 30v | 31v | 32 | 78 | 76 | 67 |
| | | | 25w | 26w | 27w | 28w | 29w | 30w | 31w | 32 | 79 | 77 | 68 |
| | | | 25x | 26x | 27x | 28x | 29x | 30x | 31x | 32 | 80 | 78 | 69 |
| | | | 25y | 26y | 27y | 28y | 29y | 30y | 31y | 32 | 81 | 79 | 70 |
| | | | 25z | 26z | 27z | 28z | 29z | 30z | 31z | 32 | 82 | 80 | 71 |
| | | | 26a | 27a | 28a | 29a | 30a | 31a | 32 | 83 | 81 | 72 | 72 |
| | | | 26b | 27b | 28b | 29b | 30b | 31b | 32 | 84 | 82 | 73 | 73 |
| | | | 26c | 27c | 28c | 29c | 30c | 31c | 32 | 85 | 83 | 74 | 74 |
| | | | 26d | 27d | 28d | 29d | 30d | 31d | 32 | 86 | 84 | 75 | 75 |
| | | | 26e | 27e | 28e | 29e | 30e | 31e | 32 | 87 | 85 | 76 | 76 |
| | | | 26f | 27f | 28f | 29f | 30f | 31f | 32 | 88 | 86 | 77 | 77 |
| | | | 26g | 27g | 28g | 29g | 30g | 31g | 32 | 89 | 87 | 78 | 78 |
| | | | 26h | 27h | 28h | 29h | 30h | 31h | 32 | 90 | 88 | 79 | 79 |
| | | | 26i | 27i | 28i | 29i | 30i | 31i | 32 | 91 | 89 | 80 | 80 |
| | | | 26j | 27j | 28j | 29j | 30j | 31j | 32 | 92 | 90 | 81 | 81 |
| | | | 26k | 27k | 28k | 29k | 30k | 31k | 32 | 93 | 91 | 82 | 82 |
| | | | 26l | 27l | 28l | 29l | 30l | 31l | 32 | 94 | 92 | 83 | 83 |
| | | | 26m | 27m | 28m | 29m | 30m | 31m | 32 | 95 | 93 | 84 | 84 |
| | | | 26n | 27n | 28n | 29n | 30n | 31n | 32 | 96 | 94 | 85 | 85 |
| | | | 26o | 27o | 28o | 29o | 30o | 31o | 32 | 97 | 95 | 86 | 86 |
| | | | 26p | 27p | 28p | 29p | 30p | 31p | 32 | 98 | 96 | 87 | 87 |
| | | | 26q | 27q | 28q | 29q | 30q | 31q | 32 | 99 | 97 | 88 | 88 |
| | | | 26r | 27r | 28r | 29r | 30r | 31r | 32 | 100 | 98 | 89 | 89 |
| | | | 26s | 27s | 28s | 29s | 30s | 31s | 32 | 101 | 99 | 90 | 90 |
| | | | 26t | 27t | 28t | 29t | 30t | 31t | 32 | 102 | 100 | 91 | 91 |
| | | | 26u | 27u | 28u | 29u | 30u | 31u | 32 | 103 | 101 | 92 | 92 |
| | | | 26v | 27v | 28v | 29v | 30v | 31v | 32 | 104 | 102 | 93 | 93 |
| | | | 26w | 27w | 28w | 29w | 30w | 31w | 32 | 105 | 103 | 94 | 94 |
| | | | 26x | 27x | 28x | 29x | 30x | 31x | 32 | 106 | 104 | 95 | 95 |
| | | | 26y | 27y | 28y | 29y | 30y | 31y | 32 | 107 | 105 | 96 | 96 |
| | | | 26z | 27z | 28z | 29z | 30z | 31z | 32 | 108 | 106 | 97 | 97 |
| | | | 27a | 28a | 29a | 30a | 31a | 32 | 109 | 107 | 98 | 98 | 98 |
| | | | 27b | 28b | 29b | 30b | 31b | 32 | 110 | 108 | 99 | 99 | 99 |
| | | | 27c | 28c | 29c | 30c | 31c | 32 | 111 | 109 | 100 | 100 | 100 |
| | | | 27d | 28d | 29d | 30d | 31d | 32 | 112 | 110 | 101 | 101 | 101 |
| | | | 27e | 28e | 29e | 30e | 31e | 32 | 113 | 111 | 102 | 102 | 102 |
| | | | 27f | 28f | 29f | 30f | 31f | 32 | 114 | 112 | 103 | 103 | 103 |
| | | | 27g | 28g | 29g | 30g | 31g | 32 | 115 | 113 | 104 | 104 | 104 |
| | | | 27h | 28h | 29h | 30h | 31h | 32 | 116 | 114 | 105 | 105 | 105 |
| | | | 27i | 28i | 29i | 30i | 31i | 32 | 117 | 115 | 106 | 106 | 106 |
| | | | 27j | 28j | 29j | 30j | 31j | 32 | 118 | 116 | 107 | 107 | 107 |
| | | | 27k | 28k | 29k | 30k | 31k | 32 | 119 | 117 | 108 | 108 | 108 |
| | | | 27l | 28l | 29l | 30l | 31l | 32 | 120 | 118 | 109 | 109 | 109 |
| | | | 27m | 28m | 29m | 30m | 31m | 32 | 121 | 119 | 110 | 110 | 110 |
| | | | 27n | 28n | 29n | 30n | 31n | 32 | 122 | 120 | 111 | 111 | 111 |
| | | | 27o | 28o | 29o | 30o | 31o | 32 | 123 | 121 | 112 | 112 | 112 |
| | | | 27p | 28p | 29p | 30p | 31p | 32 | 124 | 122 | 113 | 113 | 113 |
| | | | 27q | 28q | 29q | 30q | 31q | 32 | 125 | 123 | 114 | 114 | 114 |
| | | | 27r | 28r | 29r | 30r | 31r | 32 | 126 | 124 | 115 | 115 | 115 |
| | | | 27s | 28s | 29s | 30s | 31s | 32 | 127 | 125 | 116 | 116 | 116 |
| | | | 27t | 28t | 29t | 30t | 31t | 32 | 128 | 126 | 117 | 117 | 117 |
| | | | 27u | 2 | | | | | | | | | |

Das dynamische Seetypensystem - gegründet an HUTCHINSON'S genetischer Klassifikation

| G Grödyvannic lakes | | H Hydrovannic lakes | | | | | | | | | | A Aerobial lakes | | B Biotypische lakes | | C Catabolic lakes | | | |
|---------------------|----------|---------------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|------------------|----------|---------------------|----------|-------------------|----------|-------|----------|
| earth bodies | | water bodies | | | | | | | | | | air bodies | | living bodies | | dead bodies | | | |
| | | III | | IV | | | | V | | VI | | | VII | VIII | IX | X | XI | | |
| | | | | α | | β | | γ | | δ | | ε | ζ | η | θ | ι | κ | λ | |
| Or | Suborder | Order | Suborder | Order | Suborder | Order | Suborder | Order | Suborder | Order | Suborder | Order | Suborder | Order | Suborder | Order | Suborder | Order | Suborder |
| Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus | Typus |
| Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var |
| 1 | 10 | 20a | 25a | 29 | 30a | 34 | 38 | 48 | 49 | 55 | 60 | 64 | Type 77 | 69 | 72 | | | | |
| 2 | 11 | 20b | 25b | 27a | 30b | 35 | 45 | 48 | 50 | 56 | 61 | 65 | 77 | 70 | 75 | | | | |
| 3 | 12 | 20c | 25c | 27b | 31 | 36 | 41 | 48 | 51 | 57 | 62 | 66 | 77 | 71 | 74 | | | | |
| 4 | 13 | 21 | 26a | 28a | 32a | 37 | 42 | 48 | 52 | 58 | 63 | 67 | 77 | | | | | | |
| 5 | 14 | 22 | 26b | 28b | 32b | 38 | 43 | 48 | 52 | 59 | 64 | 68 | 77 | | | | | | |
| 6 | 15 | | 26c | 28c | 32c | 39 | 44 | 48 | 53 | 60 | 65 | 69 | 77 | | | | | | |
| 7 | 16 | | 26d | 28d | 32d | 40 | 45 | 48 | 54 | 61 | 66 | 70 | 77 | | | | | | |
| 8 | 17 | | 25a | 29 | 35 | 41 | 46 | 47 | 51 | 58 | 63 | 67 | 77 | | | | | | |
| 9 | 18 | | 25b | 29 | 35 | 42 | 47 | 47 | 51 | 58 | 63 | 67 | 77 | | | | | | |
| | 19 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 53 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 66 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 73 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 76 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 77 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Or Ordo-Series
Sor Suborder
Typus Type
Var Varietas
 Variety

Präsentation des Nationalparks

Das eigenartige Gewässersystem der Plitvicer Seen ist ohne Zweifel von wissenschaftlichem Interesse. Doch vor der wissenschaftlichen Bedeutung steht der ästhetische Wert dieser Landschaft. Hunderttausende kommen jährlich, um sie zu sehen. In der letzten Zeit übertraf die Zahl der Besucher 600.000 Personen jährlich, vorwiegend Ausländer.

Die Präsentation des Parks ist eine schwere und verantwortungsvolle Aufgabe, die unser Unternehmen mit grossem Erfolg erfüllt. Die Erschließung folgt den Besonderheiten des "biodynamischen" Gewässersystems. Da das Wasserniveau fortwährend steigt, können die Einrichtungen nicht auf Dauer geschaffen werden. Die Pfade um die Seen mussten seit Bestehen des Parks bereits viermal angehoben werden. Man sieht an den Ufern unter dem Wasser stufenweise die Säume aller vorherigen Pfade, ein impressives Zeichen der Wachstumsgeschwindigkeit!

Schlussbemerkung

Ich möchte hervorheben, dass wir zur Erforschung der Plitvicer Seen noch viel von den C-14-Analysen erwarten. Es werden bereits weitere Untersuchungen des Travertins durchgeführt. Diese müssen konzeptionsgemäss und methodologisch stetig gefördert werden. Auch in hydrogeologischen Fragestellungen sollte Radiokarbon herangezogen werden.

Für die zukünftigen Untersuchungen hoffen wir, die Mitarbeit der Anstalten der Gesellschaft für Strahlen- u. Umweltforschung aus München unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. H. Moser auch weiterhin zu bekommen, sowie unsere Forschungen auf einen immer breiteren Kreis von Mitarbeitern ausdehnen zu können.

Zusammenfassung

Im Schrifttum sind zwei wohlbegründete Ansichten über die geologische Geschichte der Plitvicer Seen vertreten. Nach der einen sind die Seen postdiluviale Bildungen, nach der anderen waren schon in der Voreiszeit Seen vorhanden. Diese scheinbar widersprüchliche Ansichten vereinigt die Theorie über die geologische Periodizität der Plitvicer Seen.

Die Plitvicer Seen, die durch das Emporwachsen von Kalktuff-Barrieren entstandene natürliche Stauseen sind, weisen ein intermittierendes Dasein auf. Die Barrieren bilden sich in warmen Perioden. In kalten Zeiten werden sie teilweise oder gänzlich abgebaut, in den nachfolgenden warmen aber wieder errichtet und weitergebaut.

Kohlenstoff-14-Analysen an einer fossilen lakustren Barriere die nach der Theorie vorglazialer Herkunft sein sollte, ergaben tatsächlich inaktiven, also über 40 000 Jahre alten Cratoneuron-Travertin, womit das Bestehen von Seen auch in der Voreiszeit bewiesen ist.

Es werden die Ergebnisse der Radiokohlenstoff-Datierungen des erwähnten fossilen Materials (Travertin und Sinter-Zapfen), sowie die Datierung jüngerer und rezenter Travertins dargestellt. Alsdann werden die limnologischen, insbesondere die limnochemischen Bedingungen von Plitvice besprochen, die sich auf die Travertinbildung beziehen. Schliesslich wird die Eingliederung der Plitvicer Seen in das Hutchinson'sche Seetypensystem vorgenommen, unter der dazu notwendigen Erweiterung des Systems um einen neuen Typ und eine Gruppe. Das erweiterte und umgeordnete Seetypen-System wird mit einer Primärklassifikation versehen. Dadurch wird die Systematik logisch komplettiert und gleichzeitig die seetypologische Bedeutung der Plitvicer Seen zum Ausdruck gebracht.

Theory of Geological Periodicity of Lakes Plitvice

Alexander Brnek-Kostić

"Plitvička jezera" National Park

SUMMARY

There are in the literature two apparently opposite views on the geological history of Lakes Plitvice. According to the most recent one, the Lakes are postdiluvial features. The older, but not less convincing view, claims the existence of the Lakes before the ice age. The theory of the geological periodicity brings this views in accord, postulating an intermittent existence of the Lakes. Appearance or disappearance of the lakes depends on the growth or destruction of travertine barriers. The growth has occurred in warm geological periods and partial or complete destruction in cold ones.

Samples of travertine were investigated in order to check the authors' assumption that certain fossil, dry lacustric barriers are of a preglacial origin. The old, fossil travertine of this barriers has a structure identical to recent travertine deposited on moss *Cratoneurum commutatum* typical for the waterfalls of today. The main result of the radiocarbon analyses is that fossil travertine of such barriers shows decisively no ^{14}C activity and accordingly they were built at least 40 000 years ago. This fact proves that there were lakes formed by travertine barriers before the last glaciation.

A series of radiocarbon analyses is quoted which includes besides the old, fossil travertine some younger and quite recent samples.

Limnological and especially limnochemical conditions concerning travertine formation are discussed.

Finally the author inserts the Lakes Plitvice into Hutchinson's well known classification of the lakes of the world, by adding a new type of lakes and a new group. Furthermore the author provides the enlarged and redesigned Hutchinson system with an additional primary division. Therewith the systematics of lakes is generalized and at the same time the limnotypological significance of the Lakes Plitvice is set out.

Literatur

- (1) Brnek-Kostić, A. 1969. Morfometrička uslovljenost razlika u fiziografskim osobinama Plitvičkih jezera Ref. III kongres biologa Jugoslavije, Ljubljana .
- (2) Brnek-Kostić, A. 1979. Das Wasser im Nationalpark der Plitvicer Seen. Ref. u Wandtafel XXI Arbeitstagung d. Internat. Arbeitsgemeinschaft Donauforschung der Societas internat. limnol. Novi Sad u. Plitv.jez., 9.-16. IX 1979.
- (3) Brnek-Kostić, A. u. Kostić-Brnek, Lj. 1974. Mjesto i položaj Plitv.jez. u genetičkom sistemu jezerskih tipova Ref. IV kongres biologa Jugoslavije, Sarajevo.
- (4) Iveković, H. 1958. Mijenjanje kemijskog sastava vode Plitvičkih jezera (mit englischer u. deutscher Zusammenfassung). In: "Nac.park Plitv.Jez." Zgb (Edit.Nac.park Plitv.jezera), 227.
- (5) Gavazzi, A. 1903. Geneza Plitvičkih jezera ,Glasnik Hrvatskog naravoslovnog društva Sv. 15, 1-9.
- (6) Hutchinson, G.E. 1957. A Treatise on Limnology. I. Geography, Physics, and Chemistr. New York, John Wiley and Sons, Inc.
- (7) Kostić-Brnek, Lj. i Brnek-Kostić, A. 1974. Vode Nacionalnog parka Plitvička jezera i život u njima U: "Plitvička jezera - čovjek i priroda" (Edit. Nac. park Plitv. jezera), 37-49.
- (8) Petrik, M. 1958. Prinosi hidrologiji Plitvica (mit engl. u. deutscher Zusammenfassung). In: "Nacionalni park Plitvička jezera", Zagreb (Edit.Nac.park Plitv.jezera), 49-173. .
- (9) Pevalek, I. 1925/26. Oblici fitogenih inkrustacija i sedre na Plitvičkim jezerima i njihovo geološko znamenovanje (Die Formen der phytogenen Inkrustationen und des Travertins in den Plitvicer Seen und ihre geologische Bedeutung) Kroatisch, mit einer deutschen Zusammenfassung. In: Glasnik hrv.prir. društva 38/39 - Gorjanovićeve spomenica, 101-110.

- (10) Pevalek, I. 1938. Biodinamika Plitvičkih jezera i njena zaštita
Sonderdruck aus: "Zaštita prirode" Heft 1, 40-61.
und wiedergedruckt in: "Nacionalni park Plitvička jezera"
- Zagreb 1958. mit englischer und französischer Zusammenfassung
(Die Biodynamics of the Lakes of Plitvice and its Protection)
(La Biodynamique des Lacs de Plitvice et sa Protection), 275-292.
- (11) Roglić, J. 1958. Karakteristike pejzaža i mogućnosti iskorišćavanja
Plitvičkih jezera (Kroatisch, mit englischer u. deutscher Zusammenfassung).
In: "Nacionalni park Plitvička jezera", Zagreb
(Edit. Nac. park Plitv. jezera), 409-430.
- (12) Srdoč, D. i Sliepčević A. 1975. Rezultati ¹⁴C analiza. MS.